

## **TECNOLOGÍA REGIONAL SIMPLE PARA EL TRATAMIENTO AEROBIO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA MUNICIPAL**

Máximo Menna, Gloria Plaza<sup>1</sup>, Julio Branda, Guillermo Murcia  
Grupo de Estudio de Energías Alternativas y Ambiente  
Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Mar del Plata  
Juan B. Justo 4303 – CP: 7600 – Mar del Plata – Argentina  
TE: +54 223 81-6600 – FAX: +54 223 81-0046  
[mamenna@fi.mdp.edu.ar](mailto:mamenna@fi.mdp.edu.ar) - [gloria@unsa.edu.ar](mailto:gloria@unsa.edu.ar)

**RESUMEN:** Se diseñó un sistema de producción de compost, utilizando como soporte bolsas de red que actualmente forman parte de los desechos de la comercialización de productos frutihortícolas, de aproximadamente 16 litros de capacidad. Se trataron dos mezclas, una compuesta por 52% de Fracción Orgánica Municipal, 5% de residuos de poda y 43% de barros cloacales provenientes de una separación física como inóculo y en la otra en lugar de barros cloacales, se utilizó estiércol vacuno.

Se armaron dos líneas de producción con dos bolsas cada una y se armó una pila estática convencional como testigo de proceso. Se monitoreó durante 60 días, temperatura de sustrato y temperatura ambiente, controlando aireación y humedad. A los 15 días de tratamiento, el sustrato de las bolsas de una línea de producción, se utilizó como inóculo para duplicar su escala en peso, cambiando a su vez la dimensión de la malla de 5 mm a 2 mm.

La tecnología propuesta propicia prácticas de reuso y valorización de residuos, con producción de un material mejorador de suelo, que reduce el volumen a disponer y el uso fertilizantes químicos.

**Palabras clave:** residuos sólidos, fracción orgánica municipal, tratamiento biológico

### **INTRODUCCION**

La materia orgánica es el componente más abundante de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Mar del Plata (Menna et al.2001). Su disposición sin tratamiento alguno, requiere de controles de lixiviado, biogás, asentamiento de terreno, olores desagradables, atracción de vectores de enfermedades, así como también monitoreo de aguas subterráneas. Su presencia tiene influencia directa sobre los costos operativos en la disposición final, lo que se justifica la búsqueda de alternativas de su tratamiento.

Las características físico-químicas de la fracción orgánica municipal (FOM) de Mar del Plata, fueron evaluadas para su tratamiento (Plaza et al, 1998), pero no existe a nivel local experiencia de tratamiento aerobio de la misma. En lo que a la región se refiere las únicas experiencias de compostaje, se han realizado en pequeñas localidades en la provincia de Buenos Aires.

Obras Sanitarias Mar del Plata efectuó un análisis técnico-económico y ambiental de distintas tecnologías de tratamiento de barros cloacales. Los resultados comparativos indicaron al compostaje como el sistema de tratamiento más apropiado. En la misma experiencia se realizó la caracterización físico-química de los barros cloacales primarios (Peralta et al, 2003).

Los restos de poda, por su elasticidad mecánica, resultan problemáticos para su disposición final ya que dificulta la compactación. Sin embargo triturado resulta un material estructurante adecuado para en el tratamiento aerobio de la FOM, ya que en proporciones adecuadas facilita la aireación del sustrato y oficia como absorbente de la humedad inicial.

El Programa de Clasificación y Reciclado para la ciudad de Mar del Plata (ProCyR), prevé la clasificación en origen y el tratamiento biológico de la fracción orgánica municipal (Jacob y Menna, 2002), por lo que el trabajo que se presenta, anticipa experiencia a la pronta implementación del ProCyR.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

En una triple experiencia a escala laboratorio, se evaluó una tecnología regional para tratamiento biológico aeróbico, utilizando mezclas de tres componentes de reconocida complejidad para la gestión de los residuos sólidos urbanos: la fracción orgánica municipal, los barros cloacales y los restos de poda.

---

<sup>1</sup> Docente-investigador de la Facultad de Ingeniería UNSa.

Se diseñó un plan de manejo utilizando la tecnología propuesta como soporte del sustrato, consistente en bolsas de red que actualmente forman parte de los desechos de la comercialización de productos frutihortícolas, de aproximadamente 16 litros de capacidad. En las bolsas se introdujeron dos mezclas distintas de residuos, diferenciándose por el inóculo utilizado, estiércol vacuno o barro cloacal, con la composición indicada en la Tabla 1

	Mezcla 1	Mezcla 2
Residuo	%	%
FOM	52	52
Chip/poda	5	5
Bosta vacuna	43	-
Barro cloacal	-	43

Tabla 1: Composición porcentual de las mezclas de residuos sólidos utilizadas como sustrato.

La fracción orgánica municipal (FOM) se obtuvo por separación en origen, en viviendas pertenecientes a la base de datos del Programa de Muestro de Residuos Sólidos Domiciliarios de la ciudad de Mar del Plata (Menna et al, 2001). El barro cloacal primario, se obtuvo luego de la separación física en la Planta de pretratamiento de efluentes cloacales de Camet. Los restos de poda fueron aportados por la Asociación de Fomento Bosque Peralta Ramos, y fueron triturados con una longitud entre 5 y 7 centímetros.

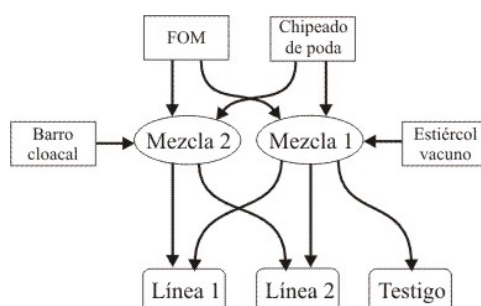


Figura 1: Esquema de formación de mezclas y conformación de las líneas de producción de compost.

En un ambiente amplio, reparado de vientos y de sol directo, con intercambio de aire con la atmósfera, se armaron dos líneas de producción de compost, para lo cual se colgaron de un pórtico, dos pares de bolsas conteniendo las mezclas indicadas la Tabla 1.

Línea 1: dos bolsas de red con malla de 5 mm, con las mezclas indicadas en la Tabla 1.

Línea 2: dos bolsas en las mismas condiciones que en la línea 1, pero a los 15 días de tratamiento, los sustratos contenidos en éstas bolsas, se utilizaron como inóculo en una escalada al doble en peso, agregando fracción orgánica municipal con 5 % de resto de poda y colocando las nuevas mezclas en bolsas de red con malla de 2 mm.

La mezcla 1, también se utilizó en una pila estática convencional, de similar volumen a las bolsas, que ofició de testigo de desarrollo del proceso aerobio.

En Figura 1 se esquematiza la metodología del trabajo. Asimismo la Foto 1 muestra las bolsas mencionadas.



Foto 1: Par de bolsas de la línea 1, en la etapa inicial del estudio.

Se controló aireación y humedad durante 60 días, registrándose la temperatura ambiente y la temperatura medida en el centro de cada bolsa y en el centro de la pila estática.

Los sustratos de las líneas 1 y 2, se airearon externamente a la bolsa, 2 veces por semana, mientras que la pila estática se volteó con la misma frecuencia.

En línea 2, el cambio de tamaño de malla de 5 mm a 2 mm, permitió en los primeros 15 días, comparar el comportamiento del tratamiento de las dos líneas de producción de compost, y en la misma línea 2, permitió evaluar el comportamiento con distinta dimensión de malla, antes y después de la escalada.

Cada 15 días se extrajeron muestras, que se analizaron en los Laboratorios de Obras Sanitarias Mar del Plata, determinándose los porcentajes de materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo total<sup>2</sup>, pH y Carbono Soluble en Agua<sup>3</sup> (Tabla 2).

### Resultados y discusiones

En tabla 2 se observan los parámetros físicos-químicos determinados durante el monitoreo experimental. Los valores obtenidos muestran un sistema estable durante el proceso de biotramiento.

	Sólidos volátiles (% en ST)		Humedad (%)		Nitrógeno Total (mg/g peso seco)		Fósforo Total (mg/g peso seco)		pH		Carbono soluble en agua (g/kg)	
día	Mezcla1	Mezcla2	Mezcla1	Mezcla2	Mezcla1	Mezcla2	Mezcla1	Mezcla2	Mezcla1	Mezcla2	Mezcla1	Mezcla2
1	69,04	59,17	71,95	67,92	8,76	26,53	6,24	7,11	8,30	7,90	36,00	77,00
14	65,34	58,24	56,71	44,56	19,81	21,47	4,32	10,24	8,10	7,80	21,80	14,28
28	62,22	52,52	53,19	51,14	21,17	17,89	4,89	8,83	7,80	7,60	40,32	33,60
43	57,46	41,69	59,33	56,30	21,02	18,64	4,65	9,45	8,30	8,20	13,64	18,32
56	53,09	40,77	30,98	31,77	24,68	19,68	5,38	10,98	8,50	8,60	23,44	18,08

Tabla 2: Monitoreo de parámetros físicos -químico

La Figura 2 muestra la evolución térmica de las mezclas de la línea 1 en las primeras tres semanas de tratamiento. Los valles de las curvas corresponden a la aireación de las mezclas externa a las bolsas, homogeneización y/o extracción de muestras. Se puede apreciar una mayor pendiente de crecimiento del nivel térmico en la mezcla 1, aunque la mayor temperatura fue alcanzada por la mezcla 2.

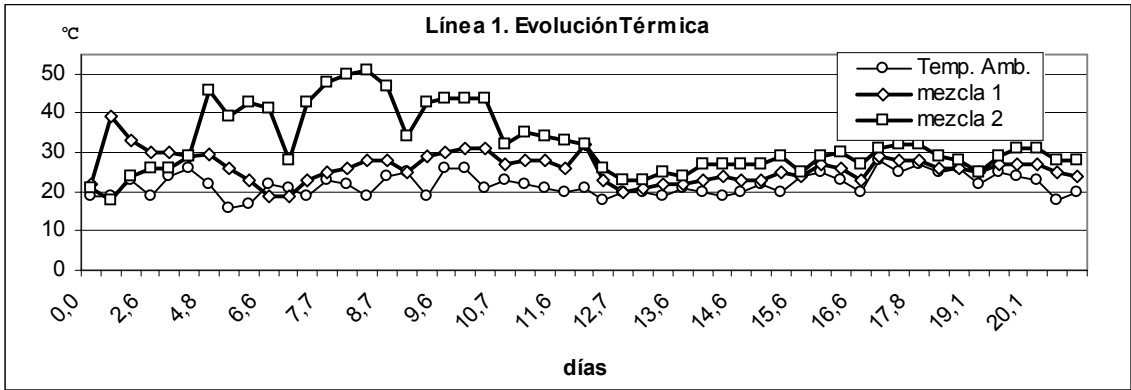


Figura 2: Evolución térmica de las mezclas en la línea 1 en las primeras tres semanas de tratamiento.

La mezcla 2 superó los 51 °C. La mezcla 1 alcanzó 50 °C. La curva de evolución térmica en la línea 1, muestra que la temperatura de la mezcla 2, luego del tercer día de tratamiento, se mantuvo por encima de la temperatura de la mezcla 1. A partir de los 21 días de tratamiento, la temperatura del centro de las bolsas y de la pila, siguieron fielmente a las variaciones de la temperatura ambiente. Se observa en la Figura 2, que la mezcla 2 alcanzó mayores diferencias de temperatura con el ambiente, que las mezcla 1.

Sólo se generó lixiviado en las bolsas con la mezcla 2, alcanzando en ambas líneas, volúmenes de similar magnitud: 815 ml en la línea 1 y 788 ml en la línea 2.

La humedad inicial de las mezclas no hizo necesario el agregado de agua durante las primeras 2 semanas de tratamiento. A partir de esa fecha, se agregó agua a temperatura ambiente, una vez por semana, hasta llegar a la humedad óptima de compostaje.

<sup>2</sup> Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A. – A.W.W.A. – W.E.F..

<sup>3</sup> Lixiviado 2 horas (100 gr peso seco / 100 ml agua destilada)

La diferencia en la humedad en las mezclas, se atribuye a que el mayor nivel térmico en la mezcla 2, favoreció la actividad bacteriana y una mayor evaporación por la generación de calor. Para mantener el mismo grado de humedad en las mezclas, en la mezcla 2 se agregó en promedio entre un 15% a 20% más de agua que en la mezcla 1.

La Figura 3 muestra la evolución térmica en la línea 2, en la que de modo similar al comportamiento de la línea 1, en el primer día se dan las máximas temperaturas para ambas mezclas. La mezcla 1 tiene un rápido crecimiento de temperatura al inicio, y luego a partir del tercer día, decae manteniéndose apenas por encima de la temperatura ambiente. En cambio la mezcla 2, al inicio la temperatura alcanzada es inferior a la de la mezcla 1, pero luego durante los siguientes dos días su temperatura supera a la de la mezcla 1 y se mantiene por encima de ésta, aumentando levemente con una pendiente similar a la de la temperatura ambiente, favoreciendo día a día la actividad bacteriana, hasta que a los 13 días, ambas mezclas tienen un crecimiento abrupto de temperatura, con una diferencia máxima en las mezclas 1 y 2 respecto a la temperatura ambiente, de 10°C y 20°C respectivamente.

Esto es previo a que los sustratos fueran utilizados como inóculo, para escalar al doble en peso las mezclas 1 y 2, siendo este pico de temperatura, el máximo alcanzado para la mezcla 2.

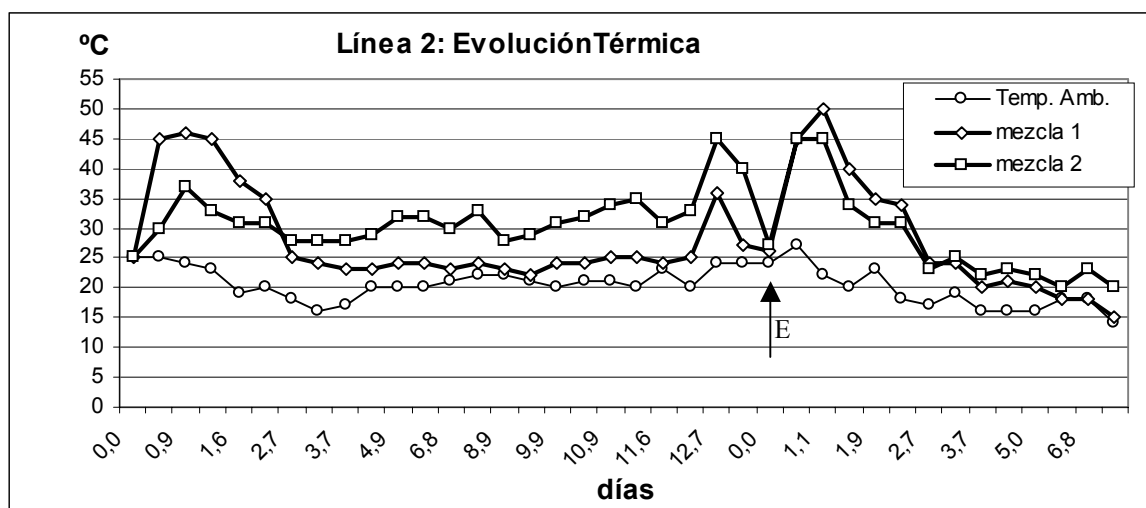


Figura 3: Evolución Térmica de la línea 2. La flecha E indica el momento de la escalada al doble en peso.

Luego de la escalada al doble en peso, el comportamiento térmico fue similar para ambas mezclas, no existiendo diferencia sustancial al utilizar uno u otro sustrato como inóculo. En los primeros días las pendientes de crecimiento resultaron similares y la diferencia máxima de temperatura entre las mezclas 1 y 2 es de 5 °C. Esto puede ser adjudicado a que la mezcla 2, con mejor nivel térmico antes de la escalada, y por lo tanto con mayor actividad bacteriana, resultó un inóculo más efectivo que la mezcla 1.

Tanto en las mezclas iniciales en la línea 2, como luego de la escalada, al cuarto día de tratamiento, el centro del sustrato alcanza un nivel térmico, que acompaña con cierto retardo, las variaciones de la temperatura ambiente.

La reducción de volumen de los sustratos embolsados, al final del periodo de estudio, alcanzó el 40%, con pérdida de materia caída por gravedad no superior al 2%. Observando el nivel de llenado de las bolsas mostradas en la Foto 1, y en las dos bolsas de la izquierda en la Foto 2, se aprecia la reducción de volumen en la línea 1



Foto 2: Pares de bolsas de la línea 1 y línea 2 en la etapa final del estudio.

Las bolsas con red de malla de 5 mm tuvieron mejor aireación, requiriendo un promedio de 12,5% y 19,3 % más de agua que la bolsa con red de malla de 2 mm y que la pila estática respectivamente.

La Figura 4 muestra resultados parciales de porcentaje de sólidos volátiles, en cada quincena. El porcentaje de remoción de sólidos volátiles alcanzó en la octava semana, el 23,1% para la mezcla 1 y 31,1% para la mezcla 2. En la Figura 5 se muestran las remociones parciales logradas al final de cada quincena.

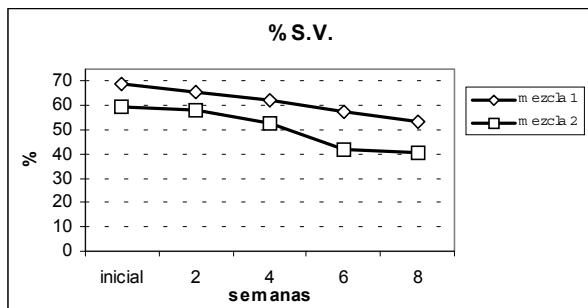


Figura 4: evolución del porcentaje de sólidos volátiles

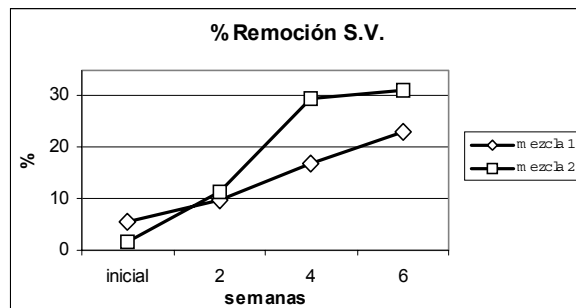


Figura 5: evolución del porcentaje de remoción de sólidos volátiles

Al inicio de la tercera semana de tratamiento se dieron condiciones para la proliferación de brotes vegetales, siendo estos mucho más abundantes en la mezcla 1.

Se comprobó, que el sustrato en las bolsas colgadas del pórtico, fue mejor preservado de la intervención de aves, que en la pila estática.

La pérdida de material por gravedad y por manipuleo de las bolsas alcanzó al 7,8 % en peso. La reducción de peso fue similar para todas las alternativas estudiadas.

## CONCLUSIONES

Las líneas de producción de compost analizadas han permitido, considerando las variaciones de cada caso, comparar los factores más importantes a tener en cuenta para evaluar el tratamiento biológico y se demostró la factibilidad de compostar las mezclas de los residuos sólidos estudiados.

La tecnología evaluada resulta adecuada para el tratamiento aerobio, obteniéndose degradación comparable con el método de pila convencional, pero significando un adelanto en las ventajas de manejo.

La escala puesta a prueba, es transferible para tratar residuos orgánicos domiciliarios como restos de comida y de poda, aplicable en viviendas de zonas residenciales. Es posible utilizar el sustrato como inóculo, por lo que logra independencia del inóculo inicial y permite el tratamiento secuencial continuo.

El análisis de la evolución térmica muestra la influencia de la temperatura ambiente sobre los volúmenes tratados en la escala de trabajo, condicionando la actividad bacteriana. Sin embargo los porcentajes de remoción de materia orgánica, en el período estudiado, indican una aceptable operación del proceso aeróbico en todas la variantes utilizadas.

La influencia de la temperatura ambiente, hace factible organizar en la zona, un micro-emprendimiento productivo para generación de compost, sólo como actividad temporaria, limitada a los meses de noviembre a marzo. Una ventaja es que el desarrollo vertical del sistema requiere menor superficie de terreno, que la requerida por el método de pila o hilera estática.

La escala industrial, requiere del diseño de un sistema modular, cuya escala sea adaptable a la capacidad de tratamiento requerida por incorporación de módulos productivos, siendo factible la automatización de algunas etapas del proceso. La influencia térmica del ambiente disminuirá con el aumento de escala, pero también disminuye la mejora de aireación aportada por la tecnología propuesta. La escala más adecuada para el módulo replicable, requiere un estudio que queda fuera de los alcances de este trabajo.

Con esta experiencia, la Universidad y el Municipio, en conjunto con Obras Sanitarias Mar del Plata, propician una alternativa de reuso y valorización de residuos, en el camino hacia la gestión sustentable de los residuos sólidos municipales,

## ABSTRACT

A compost production system was designed, using net-type bags as support, which at present are part of the waste from fruit and vegetable commercialization, approximately of 16 lt. of capacity. Two kind of mixes were treated, the first composed by 52% of Municipal Organic Fraction, 5% of trimming waste and 43% of sewer mud which come from a physical separation as inoculum and a second one with cow excrement in place of sewer mud.

Two production lines with two bags each one were made, and a static conventional pile was done as a witness process. During 60 days it was observed subtract and environment temperature, and controlled the aeration and humidity. At 15 days of this treatment, the subtract of the bags of one production line was used as inóculo in order to double its scale in weight, changing at the time the size of the net holes from 5 mm to 2mm.

The proposed technology applies re-utilization techniques and waste valorization, with production of an earth-improving material, which reduces either the volume to handle and chemical fertilization products.

*Key words:* solid waste, municipal organic fraction, aerobic biological treatment

## REFERENCIAS

- Jacob S., Menna M., "Proposal of Integrated Solid Waste Management for the city of Mar Del Plata-Argentina". En *Appropriate Environmental And Solid Waste Management And Technologies For Developing Countries*. ISBN TD790, Vol I, páginas de 427 a 432. Julio de 2002.
- Jacob S., Menna M., Plaza G., Pacheco O., Branda J., Murcia G. "Reformulación del sistema de manejo de residuos. Identificación de Impactos Ambientales". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 7, N° 1, páginas 01-41 a 01-46. 2003. ISSN 0329-51842003.
- Menna M., Jacob S., Plaza G., di Veltz H., Cid J.C., Pacheco O., "Household Solid Waste Sampling For Mar Del Plata City, Argentina", *Iswa Times*, Issue N° 3, 2001. ISSN-0906-1435.
- Peralta E., González R., von Haeften G., Comino A., Gayoso G., Vergara S., Genga G. y Scagliola M.. "Experiencia piloto de compostaje de barros primarios cloacales de Mar del Plata". Publicado en tres partes en la Revista de Ingeniería Sanitaria y Ambiental perteneciente a la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS Argentina)- ISSN: 0328-2937: 1° Parte: Publicación N° 64- Septiembre-Octubre 2002. 2° Parte: Publicación N° 65- Noviembre-Diciembre 2002. 3° Parte: Publicación N° 66- Enero-Febrero 2003
- Plaza G., Pacheco O., Scaroni E., Martearena M. R., Menna M., Jacob S.. "Gestión de la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales de la Ciudad de Mar del Plata". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol 2, N° 2/1998, ISBN 0329-5184, pp. 7.5-8.5, Nov./1998.